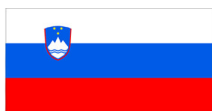




Unione Europea FESR



Repubblica Italiana



Republika Slovenija



REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA



Comune di Monrupino
Občina Repentabor

I FOSSILI DEL CARSO FOSILI NA KRASU

Progetto cofinanziato dal Programma di iniziativa comunitaria INTERREG III A Italia-Slovenia 2000-2006
Projekt sofinancira Program evropske pobude INTERREG IIIA Italija-Slovenija 2000-2006

RAZSTAVA IN DOPOLNILA K TEKSTU

Zadruga Curiosi di natura

Kras in njegova struktura

NASTANEK KRASA

Ko se sprehajamo po Krasu, čeprav se tega ne zavedamo, hodimo po tleh iz kamnin, ki so nastale na morskem dnu pred približno 110 in 50 milijoni let. Gre za sedimentne kamnine, sestavljene iz usedlin, na primer iz lupin školjk, skeletov umrlih organizmov, kristalov kalcita, ki so takrat prekrivali morsko dno specifičnega morskega okolja (imenovanega "*karbonatna platforma*").

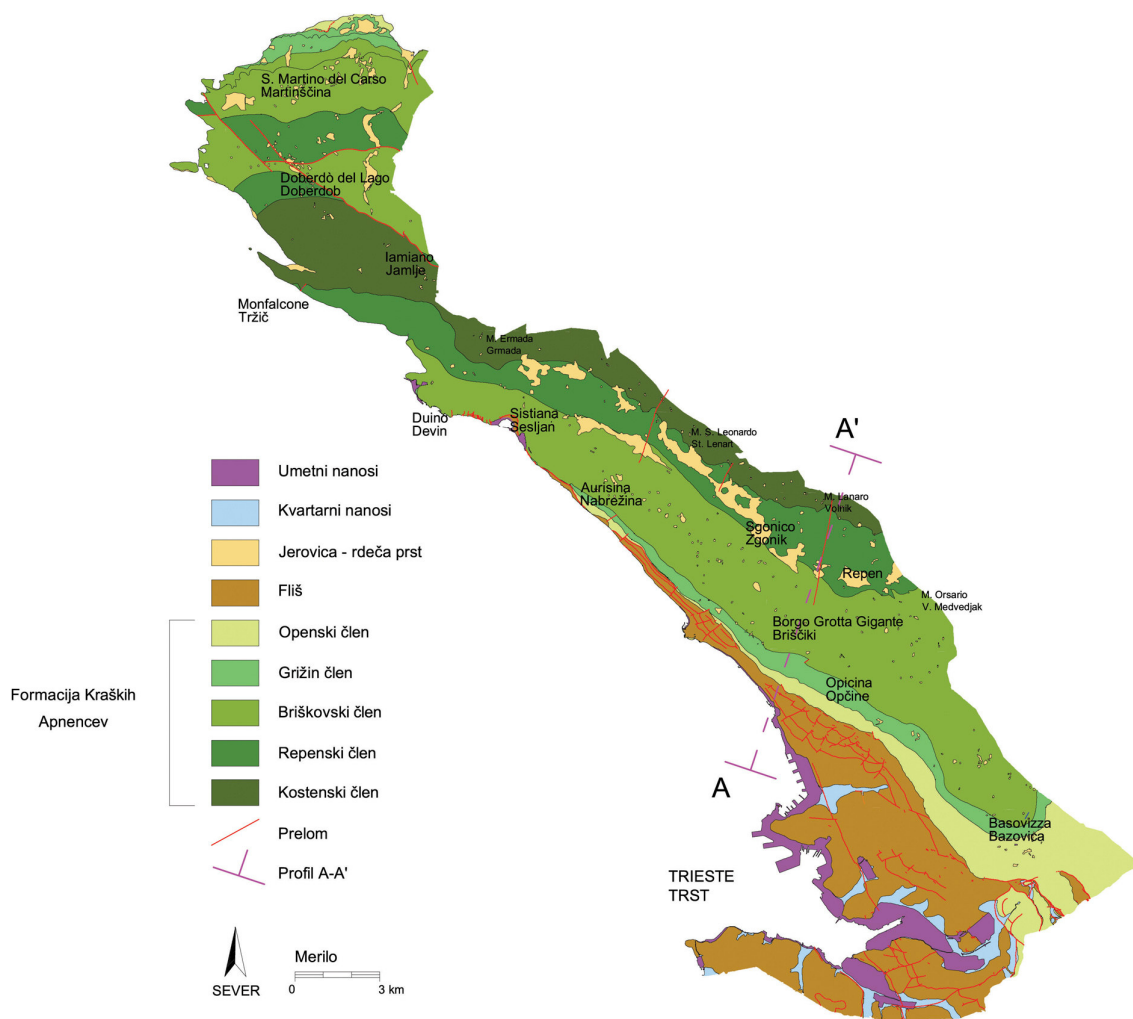
V tistem obdobju sta bila videz in trdnost sedanjih kamnin povsem drugačni; kamnine so nastale iz nevezanih usedlin, podobnih rečnemu pesku, pesku na morski obali ali mulju, ki prekriva morsko dno.

V plitvih toplih vodah z visoko vsebnostjo kisika in raztopljenih soli (kot na primer karbonati ali natrijev klorid) so uspevali številni organizmi, med katerimi korale, morske spužve, mehkužci, kalcitne alge, z lupino in skeletom iz *kalcita*, minerala, ki je sestavljen iz kalcijevega karbonata.

Kako se je nevezani in mehki *karbonatni sediment* spremenil v trdi apnenec? Usedline so postopoma prekrile druge plasti usedlin in so bile podvržene fizikalnim in kemijskim spremembam (porast temperature in pritiska, razkrajanje mineralov, cementiranje zaradi delovanja v vodi raztopljenih mineralov...) ki so v več ali manj dolgem obdobju usedlino spremenile v pravo kamnino.



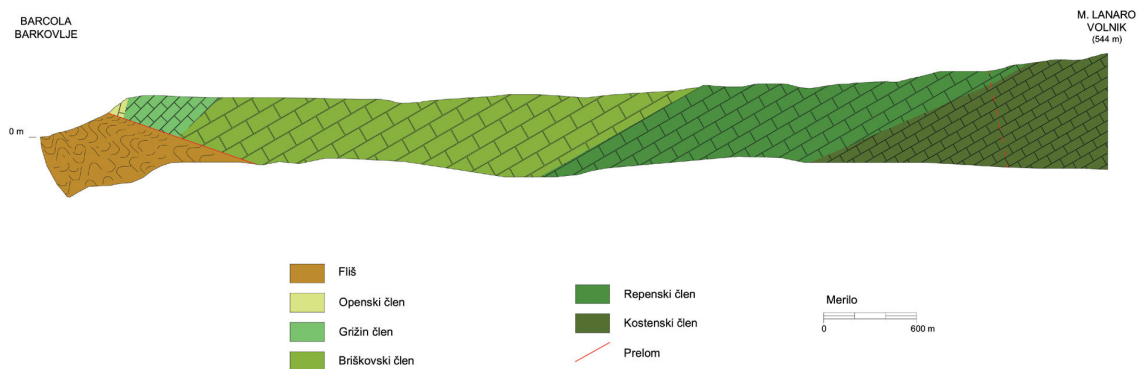
Zbrusek apnenčaste kamnine
(večje ovalne oblike so foraminifere)



Geološka karta Krasa
Avtorske pravice: Univerza v Trstu

Geološki prerez Tržaškega Krasa od Barkovelj do Volnika
 (sled prereza je prikazana na geološki karti)
Avtorske pravice: Univerza v Trstu

PROFIL A - A'



Kamnite plasti so se nagubale s konkavno stranjo na spodnji strani (v obliki antiklinale); zaradi tega se kamnine starejšega nastanka nahajajo na notranji strani, in sicer v jedru gube. Naknadno je erozija zgladila gubo in razgalila tudi najstarejše plasti.

OD MORSKEGA DNA DO EMERZIJE KOPNEGA

Skozi zelo dolga obdobja geoloških dob so se morske usedline oblikovale v kamnine, ki so se z emerzijo dvignile nad morsko gladino.

Ta proces je povzročila kolizija posameznih celin, ki so se pomikale po zemeljski površini kot ogromni splavi. Sunki, ki so jih povzročale kolizije (*tektonski premiki*) so deformirali in dvignili materiale, ki so bili prvotno na morskem dnu, in so jih nagrmadili enega čez drugega za več tisoč metrov.

Dvig je spremljal proces erozije in preperevanja kamnin zaradi delovanja vode, vetra in ledu, ki so močno načeli prvotno razporeditev kamnitih plasti, jih oblikovali in ustvarili raznoliko in razgibano krajino.

S kolizijo celin so se za morjem oblikovale gorske verige, reke, ki so pritekale z gor so v morje prenašale velike količine peska in mulja, ki so povzročili kalnost morske vode in posledično izumrtje organizmov, ki so živeli na karbonatni platformi.

Tudi ti sedimenti so se skozi milijone let oblikovali v kamnine, in sicer v fliš, ki je sestavljen iz zaporedja plasti peščenjaka in laporja, ki se bistveno razlikujeta od apnenca.

Na Krasu je narivanje apnenca nad plasti fliša povzročilo, da je sedanja lega fliša, ki se je zadnji odlagal v časovnem zaporedju in je v obliki sedimenta na morskem dnu ležal nad apnenci, pod starejšimi plastmi apnenca. V eni od faz deformiranja kamnin na Krasu so se starejše plasti apnenca "narinile" na mlajše plasti fliša, kot lahko vidimo v obalnem pasu, kjer plasti fliša ležijo pod plastmi apnenca.

VRSTE APNENCA

Niso vsi apnenci enaki. Z opazovanjem apnenčastih kamnin bomo videli, da je pri nekaterih prisotna drobna in homogena zrnavost ali *tekstura*, podobna mulju: gre za *mikritne apnence*. Večji delci različnih velikosti pa so značilni za *zrnate apnence*. Na morskem dnu sta bila namreč prisotna tako mulj kot pesek ter organizmi različnih velikosti in kamnina predstavlja neke vrste fosilno "fotografijo" tistega okolja.

Na podlagi določenih značilnosti (barva, litološka sestava, vrsta prisotnih fosilov, debelina plasti itd.) je mogoče združiti kamnine v skupine plasti, poznane tudi kot *formacije* ali *členi*. Formacije in členi nosijo ime po naselju, vrhu ali kraju, kjer so prisotni pogosti ali značilni izdanki omenjenega člena.

Te klasifikacije uporabljajo geologi pri pripravi geoloških kart (kot je karta, prikazana na tem panoju), na katerih je mogoče grafično ponazoriti geološke značilnosti določenega območja.



Apnenčeva breča

(na fotografiji so vidni oglati fragmenti, ki sestavljajo brečo)

Formacija apnencev Tržaškega Krasa se deli na pet členov, in sicer, v zaporedju od najstarejšega do najmlajšega:

Kostenski člen (spodnja kreda p.p [pro parte = delno]): mikritni apnenci s plastmi približno 10 cm debeline, temno sive do črne barve z redkimi fosili (rudisti). Nad plastmi apnenca najdemo plasti dolomitnih kamnin, sestavljenih pretežno iz minerala dolomita (dvojni kalcijev in magnezijev karbonat) in karbonatnih breč, oziroma kamnin, sestavljenih iz več ali manj oglatih delcev drugih kamnin, vezanih z mikritnim cementom.

Repenski člen (spodnji cenomanij - spodnji turonij): osnovna plast je iz apnenčevih in dolomitnih breč. Sledijo svetlo sivi do črni dolomiti z decimetrsko-metrsko plastovitostjo in plasti apnencev in dolomitov z rudisti.

Briškovski člen (turonij p.p. - maastrichtij): prevladujejo svetlo do temno sivi zrnati apnenci v debelejših plasteh (tudi preko metra debeline). Za ta člen je značilno veliko število rudistov.

Grizin člen (paleocen p.p.): mikritni apnenci, lešnikove temne do črne barve z decimetrsko plastovitostjo in številnimi fosili foraminifer (luknjičark), morskih mikroorganizmov, povečini s kalcitno lupino, ki včasih dosegajo izjemne velikosti (do 11-14 cm dolžine).

Openski člen (spodnji eocen p.p.): zrnati apnenci, svetlo sive barve, bogati s foraminiferami z decimetrsko-metrsko plastovitostjo, nad katerimi leži plast mikritnih apnencev. Foraminifere so lahko prepoznavne na primer v apnenčastih kamninah ob Napoleonski cesti (Prosek), kjer so kamnine posejane z belimi fosili, podobnimi riževim zrcem.

"Formacija apnencev Tržaškega Krasa" [Cucchi F., Pirini Radrizzani C. & Pugliese N. (1987): "The carbonate stratigraphic sequence of the karst of Trieste (Italy)", Mem. Soc. Geol. It., 40, 35-44, Roma].

Fosili in njihovo okolje nastanka

OKOLJE NASTANKA

Fosili so ostanki, oziroma sledovi živali in rastlin iz preteklih geoloških dob; so tudi "dokumenti", ki jih preučuje paleontologija, veda o življenju v preteklosti.

Večina živih bitij se po smrti počasi razkraja in pri tem ne pušča sledov. Pogoji za nastanek fosilov je okolje brez vpliva vremenskih dejavnikov (delovanje vode, vetra...), ki lahko organizem razdrobijo ali razkropijo; navadno se to dogaja, ko organizme prekrijejo usedline, v katerih je organizem "ujet" in se zato ohrani.

Fosili so ohranjeni v sedimentnih kamninah, ki se oblikujejo z odlaganjem sedimentnega materiala: zrnca peska, mulja, fragmentov skal ter skeletov in lupin živali.

S preučevanjem fosilov lahko ugotovimo kakšno je bilo okolje v preteklosti: območje današnjega Krasa je pred 100 - 50 milijoni let prekrivalo plitvo morje s toplimi in s kisikom bogatimi vodami, podobno sedanjim tropskim območjem. Ti pogoji so spodbudili razvoj različnih živalskih in rastlinskih oblik življenja, med katerimi naj omenimo korale, mehkužce in morske ježke.

Veliko organizmov ima lupino ali skelet iz kalcijevega karbonata, ki so se ob smrti organizma odlagali na morskem dnu in tako skozi milijone let oblikovali tudi sedimente velikih dimenzij.

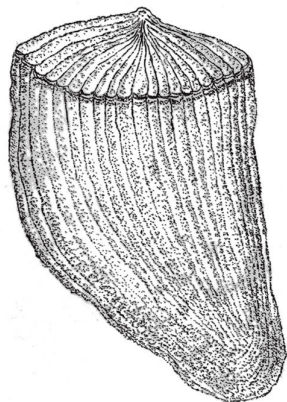
Nekateri organizmi so se pomikali, drugi pa so bili pritrjeni na morsko dno in so živeli v kolonijah, ki so štejele milijone primerkov. Te živali so imele skelet iz apnenca in so s postopnim širjenjem kolonij oblikovale naravne grebene, podobne koralnim grebenom.

Za temi grebeni, ki so bili včasih zelo obsežni in so merili tudi več sto metrov v višino, so se oblikovale lagune, povezane z odprtim morjem s kanali, po katerih voda priteka in odteka s plimovanjem (imenujemo jih "plimski kanali").

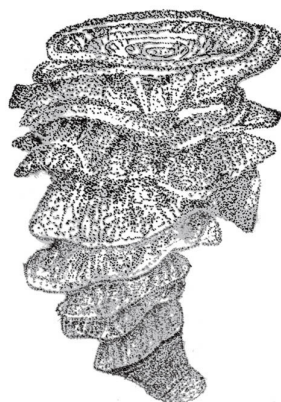
Dvigovanje skalnih grebenov je spremljalo postopno poglobljanje morskega dna, ki je omogočilo, da so življenjski pogoji v morju in pestrost naravnih okolij ostali skoraj konstantni v času. Ta proces je omogočil nastanek velikih enakomernih sedimentov.

Valovanje in neurja so krušili skalnati greben, plimovanje je prenašalo detrituse in organizme znotraj lagun, ki niso bili pritrjeni na morsko dno, in jih odlagalo v točkah, kjer so bili tokovi bolj šibki. Te sedimente je povezal kalcijev karbonat, prisoten v vodi v obliki raztopljene soli.

Iz preoblikovanja teh morskih sedimentov so nastale kamnine, ki danes sestavljajo Tržaški Kras. Območje Občin Repentabor in Zgonik je skoraj v celoti sestavljeno iz apnencev in dolomitov, ki so se sedimentirali v morskem okolju pred 100 - 50 milijoni let.



Hippuritidae



Radiolitidae

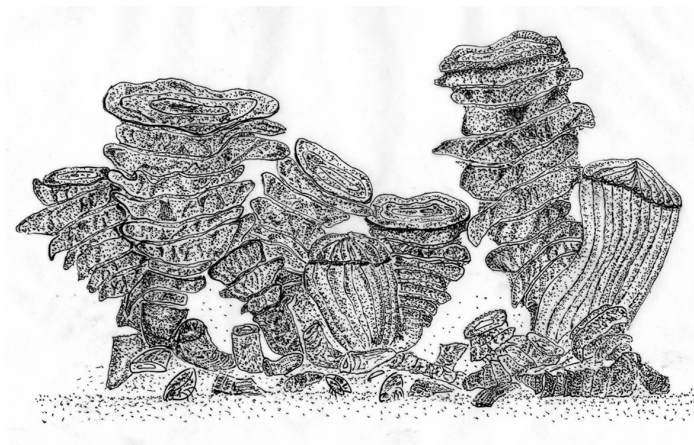
FOSILI

Fosil, ki je najbolj značilen za Tržaški Kras – izumrl pred 65 milijoni let – je rudist, školjka z dvema lupinama, z eno zelo podaljšano lupino v obliki konusa in drugo skoraj ploščato lupino, pokrovčkom. Večja lupina je bila pritrjena na morsko dno, manjša lupina pa je delovala kot “pokrov”, ki je z odpiranjem in zapiranjem omogočal vstop vode, od katere je školjka jemala potrebna hranila.

Obstajalo je več vrst rudistov, prva različica je imela bolj čokato in trpežno obliko (*Hippuritidae*), podobno kravjemu rogu in je bila primerna za kljubovanje morskemu valovanju, druga različica pa je imela tanjšo lupino (*Radiolitidae*) in je uspevala v mirnejšem lagunskem okolju.

Morski tokovi so po plimskih kanalih prenašali ostanke razdrobljenih lupin in jih odlagali v točkah z mirnejšimi vodami. Te sedimente so naseljevale kolonije rudistov. Prvi primerki kolonij so zaradi delovanja tokov rasli horizontalno, nanje pa so se naselili novi primerki, ki so rasli vertikalno združeni v snope. Rudisti so merili nekaj deset centimetrov, lahko pa so presegali tudi pol metra velikosti, in so bili v tistem obdobju glavni material, iz katerega so nastajali skalni grebeni, danes grajeni pretežno iz koral.

Veliki polži (*Nerineidae* in *Acteonidae*), ki so živeli na morskem dnu, so naseljevali okolja z mirnimi vodami ob ustjih plimskih kanalov in znotraj lagun, kjer so bili tokovi konstantni in ne preveč močni.



Rekonstrukcija kolonije rudistov

FOSILI V BARVAH

Navadno se pri fosilih ne ohrani naravna obarvanost živega organizma, kar gre pripisati oksidaciji in delovanju sonca, ki razbarva izpostavljene dele fosila. Na podlagi obarvanosti fosilov dobimo informacije o vrsti okolja, v katerem so organizmi živeli, ali o načinu njihove fosilizacije.

Obarvani fosili so na primer pogosti v sivih apnencih, značilnih za okolje nastanka z nizko stopnjo kisika. Polži, ki so obarvani le na trebušni strani, so okameneli v položaju, ki so ga imeli v življenju, saj so vremenski dejavniki postopoma razbarvali ostale dele, ki niso bili zaščiteni.



Fosilni polži z originalnim obarvanjem

Na območju Repentabra so bili odkriti številni polži, pri katerih se je ohranila originalna obarvanost lupine.

Na najdenih fosiliziranih lupinah opazimo več različnih vzorcev: valujoče ali cikcakaste črte, manjše trikotnike, madeže, enega ali več poševnih pasov. Barve so bile v odtenkih oker rumene, rdečkaste in temno rjave, obarvanost pa je bila v veliki meri odvisna od vrste hranila, ki so ga imeli polži na voljo.

Zaradi zgoraj opisanih razlogov je treba fosile takoj po najdbi zaščititi pred oksidacijo in sončno svetlobo, saj se v obratnem primeru njihova obarvanost izgubi.

Poleg tega je potrebno vedeti, da se vsi fosili, neglede na njihovo velikost, obravnavajo kot paleontološka dobrina in državna lastnina in da vsako dejavnost v zvezi s fosili urejajo specifični predpisi.



Kamen z rudisti

NE LE FOSILI

Če pozorno opazujemo nekatere skale na Krasu bomo odkrili oolite, temne kroglice s premerom 1 ali 2 milimetrov. Če oolite opazujemo pod mikroskopom lahko vidimo značilno "čebulasto" strukturo oolita z jedrom (lahko je peščeno zrnce, fragment lupine, detritus organskega materiala...), obdanim s koncentričnimi plastmi apnenca. Ooliti so nastali v okolju plitvega morja z močnimi tokovi, predvsem tokovi plimovanja.

Jedra oolitov je plimovanje prenašalo od območij s hladno vodo v območja, kjer je bila voda toplejša in nasičena s kalcijevim karbonatom, ki se je usedal okrog jedra v enakomernem sloju. Ta proces se je ponavljal ob stalnem delovanju tokov, ki je povzročalo dodatno rast zrnec.

GLOSAR

Polži: Spadajo v razred mehkužcev in živijo na kopnem, v sladkovodnem okolju, predvsem pa v morju. Imajo enodelno lupino (hišico) in debelo podplatasto nogo, s katero lazijo po površini. Mednje uvrščamo polže in številne morske živali, poznane po svojih školjkah.

Školjke: mehkužci, ki imajo mehke dele telesa zaščitene z dvodelno lupino, obe polovici lupine pa sta povezani s prožno vezjo. Med školjke spadajo na primer klapavice in srčanke.

Korale: so zelo majhne morske živali, ki pripadajo deblu Coelenterata. Njihovo telo je mehko, imajo pa skelet iz apnenčastega materiala. Živijo v večmilijonskih kolonijah in s svojimi skeleti gradijo koralne grebene. Korale živijo pod vodo, vendar v plitvih vodah, saj v njihovih tkivih uspevajo enocelični rastlinski organizmi, ki potrebujejo sončno svetlobo za proces fotosinteze.

KARBONATNA PLATFORMA

Izraz "karbonatna platforma" se uporablja za debelo plast zaporedja karbonatnih kamnin, ki so se sedimentirale v okolju plitvega morja. Karbonatna platforma se lahko razvije v različnih kontekstih, bolj omejeni pa so okoljski pogoji, v katerih lahko karbonatne platforme uspevajo.

Karbonatna platforma je namreč občutljiv ekosistem, učinkovit in produktiven ob idealnih okoljskih pogojih in zelo ranljiv ob njihovem spreminjanju. Zaradi sorodnosti z biološkim svetom karbonati idealno uspevajo v toplih, bistrih in svetlih vodah tropskega morja, kjer globina vode sega največ do nekaj deset metrov. Zelo pomembni parametri sta bistrost in slanost vode; zaradi tega so *sistemi usedanja karbonatnih kamnin* skoraj popolnoma odsotni v bližini izlivov velikih rek.

V oceanih ter v tropskih in subtropskih morjih obstajata dva različna okoljska pogoja, ki botrujeta k širšemu in pomembnemu usedanju karbonatnih sedimentov:

- plitve vode z visoko stopnjo sedimentacije (približno 100 cm v 1000 letih);
- globoke vode, kjer sedimentacija poteka počasneje (približno 10 cm v 1000 letih) s procesom dekantiranja (oziroma s počasnim padanjem po vodnem stolpcu proti morskemu dnu) apnenčastega planktona, ki je prisoten v površinskih vodah oceanov.

Stopnja proizvodnje karbonatnega sedimenta je konstantna do globine 10-15 m; na večjih globinah pa na začetku strmo pada, nato pa bolj postopoma.

Dejavniki, ki vplivajo na nastanek in raztapljanje karbonatnega sedimenta so koncentracija ogljikovega dioksida (CO_2), tlak, temperatura vode in sončna svetloba, ki pronica v morje.



Tržaška obala
sestavljena iz karbonatnih usedlin

DOLOMITIZACIJA

Po vasici Dolomieu v bližini Grenobla je poimenovan dolomit, mineral, sestavljen iz dvojne soli kalcijevega in magnezijevega karbonata. Leta 1791 je francoski naravoslovec Deodat de Dolomieu prvi opisal *dolomitno* kamnino, grajeno predvsem iz minerala dolomita. Zanimanje za ta tip kamnine se je v zadnjih 50 letih močno povečalo, saj dolomiti predstavljajo pomemben del

sedimentnih skalnih izdankov na zemeljski površini obenem pa so pomembni zaradi njihovega ekonomskega izkoriščanja (predstavljajo največjo zalogo ogljikovodikov).

Dolomitizacija je proces, ki apnenčasto kamnino (karbonatno kamnino, grajeno pretežno iz minerala *kalcita*, sestavljenega iz kalcijevega karbonata) spreminja v dolomit (karbonatna kamnina, grajena pretežno iz minerala dolomita).

Dolomit, z značilno strogo urejeno strukturo kristalov ne nastaja, vsaj navidezno, na sedanjih karbonatnih platformah. Dolomit so sintetizirali v laboratoriju le v pogojih visokega tlaka ogljikovega dioksida in visoke temperature, ki niso prisotni na zemeljski površini. Zato je splošno razširjeno prepričanje, da je večina antičnih in sedanjih dolomitov rezultat pretvorbe predhodno obstoječega karbonatnega sedimenta in da je le zanemarljiva količina dolomita primarna in sicer nastala iz direktnega usedanja delcev v vodi.

Večina dolomitnih kamnin naj bi torej nastala s procesom nadomeščanja magnezija s kalcijem, ki poteka skozi dolgo časovno obdobje, tako v primeru raztopljenega sedimenta kot v primeru že *litificiranega* sedimenta (ki se je že spremenil v kamnino). To nadomeščanje nastaja z raztapljanjem kalcijevega karbonata in istočasnim usedanjem dolomita v vodni raztopini, ki prehaja čez sediment (tako v primeru raztopljenega sedimenta kot v primeru kamnine).

Na podlagi poznavanja procesov pozne dolomitizacije in preučevanja zgodnjih dolomitnih zaporedij, lahko ločujemo med zgodnjo dolomitizacijo, ki poteka istočasno z usedanjem nevezanega karbonatnega sedimenta na platformi, in pozno dolomitizacijo, ki poteka na že litificiranih sedimentih.

Pri pozni dolomitizaciji pride do prekrystalizacije prvotne strukture kamnine, fosili v kamninah se ne ohranijo in nastane dolomitna kamnina s povečini debeložrnato strukturo.

Pogosto dolomitizacija zajame le del skale, lahko pa zajame celotno skalo.

Zgradbe dolomitov so različne, kot so različni procesi dolomitizacije. Nasplošno lahko označimo dolomite, nastale z nadomeščanjem magnezija, kot mozaike iz kristalov več ali manj enake velikosti.

Dolomitne kamnine so navadno veliko bolj porozne od apnencev, saj je dolomitizacija proces, pri katerem nastajajo in se ohranjajo pore zaradi različne velikosti žarkov ionov kalcija in magnezija (ioni magnezija so manjši od ionov kalcija). Dolomiti izdanki na Krasu imajo navadno debeložrnato in precej porozno kristalno strukturo.

Če povzamemo, je dolomitizacija pogosto "destruktivni" proces, ki spreminja prvotne sestavine kamnin v porozni kristalni mozaik (iz katerega pridobivajo večino nafte na svetu).

Bibliografija:

- Borsellini A., Mutti E., Ricci Lucchi F. (1989) "*Rocce e successioni sedimentarie*" - Utet
- Borsellini A. (1991) "*Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche*" - Italo Bovolenta editore
- Borsellini A. (1996) "*Geologia delle Dolomiti*" – Athesia
- Cucchi F., Gerdol S. (1985) "*I marmi del carso triestino*" – Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura, Trieste
- Forti F. (1982) "*Carso triestino. Guida alla scoperta dei fenomeni carsici*" Ed. Lint, Trieste.
- Olivieri R. "*Appunti di paleontologia generale*" – Appunti per Scienze Naturali e S. Biologiche
- Tucker M.E., Wright V.P. (1990) "*Carbonate sedimentology*" – Blackwell Science

Avtorske pravice kartografije: Univerza v Trstu

Geološka karta Krasa (na podlagi kartiranja Oddelka za geologijo, okoljske in morske vede – Univerza v Trstu, Konvencija z Avtonomno Deželo FJK, Rep. št. 8504/2005 za pripravo geološke karte (Geo - CGT) v merilu 1:10.000.

Tekst: Barbara Bassi, Giovanna Burelli, Ruggero Calligaris

Strokovne ilustracije: Ruggero Calligaris

Fotografija: Barbara Bassi, Giovanna Burelli

Kartografija: Univerza v Trstu

Realizacija: Curiosi di natura – Soc. coop.